

Фетисова Анна Михайловна

**МАГНИТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД  
МАЙМЕЧА-КОТУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ  
ФОРМИРОВАНИЯ ТРАППОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА СИБИРСКОЙ  
ПЛАТФОРМЫ**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

**Автореферат**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук**

Москва, 2014

Работа выполнена на кафедре динамической геологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и в лаборатории Главного геомагнитного поля и петромагнетизма Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН.

*Научные руководители:*

доктор геол.-мин. наук, профессор МГУ  
**Короновский Николай Владимирович**

кандидат физ.-мат. наук, доцент ИФЗ РАН  
**Павлов Владимир Эммануилович**

*Официальные оппоненты:*

кандидат физ.-мат. наук, ведущий инженер ВНИГРИ  
**Шипунов Станислав Валерьевич**

доктор геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ГЕОХИ РАН  
**Криволицкая Надежда Александровна**

*Ведущая организация:*

**Казанский (Приволжский) Федеральный Университет (г. Казань)**

Защита состоится 28 марта 2014 г. в 14.30 на заседании диссертационного совета Д 501.001.39 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119234, Москва, Ленинские горы, ГЗ МГУ, геологический факультет, ауд. 415.

Автореферат размещен на интернет-сайтах Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова [www.geo.web.ru](http://www.geo.web.ru) и Министерства образования и науки Российской Федерации [www.vak.ed.gov.ru](http://www.vak.ed.gov.ru). С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале Научной библиотеки Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, в Отделе диссертаций Фундаментальной библиотеки по адресу: Ломоносовский проспект, 27.

Отзывы на автореферат **в двух экземплярах**, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 119234, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, ученому секретарю диссертационного совета Д 501.001.39, профессору А.Г. Рябухину.

Автореферат разослан 23 января 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор геол.-мин. наук, профессор



А.Г. Рябухин

## **Актуальность исследований**

Наиболее представительные и полные разрезы сибирских пермо-триасовых траппов – самой крупной континентальной магматической (изверженной) провинции на Земле, расположены в Норильском и Маймеча-Котуйском районах на северо-западе Сибирской платформы, где их максимальная мощность достигает 3,5 км (Fedorenko et al., 2000).

Вопрос о корреляции лавовых толщ этих удаленных друг от друга районов неоднократно поднимался в отечественной и зарубежной литературе, поскольку ответ на него имеет огромное значение не только для решения задач региональной геологии, но и для разработки геодинамических моделей формирования и эволюции крупных магматических провинций. Понимание последовательности формирования эффузивных толщ, существенно различающихся по своим геохимическим и петрографическим характеристикам в пределах единой магматической провинции, может быть использовано, в частности, для проверки гипотез происхождения областей внутриплитного магматизма в пределах древних платформ (напр., Sobolev et al., 2011).

На сегодняшний день, даже при наличии надежных геохронологических и геохимических данных (Kamo et al., 2003; Fedorenko et al., 1997, 2000; Burgess et al., в печати), корреляция эффузивных траппов Норильского и Маймеча-Котуйского районов крайне затруднена и неоднозначна: сопоставление лавовых толщ по их геохимическим характеристикам практически не дает желаемого результата из-за сильной латеральной изменчивости состава пород, а имеющиеся датировки изотопного возраста и палеомагнитные данные допускают несколько вариантов конечной корреляции (Gurevitch et al., 2004). При этом качество и надежность палеомагнитных данных, полученных по этим разрезам, существенно различаются. Так, по траппам Норильского района недавно были выполнены магнитостратиграфические исследования, результаты которых в полной мере отвечают современным требованиям надежности и качества (Heunemann et al., 2004; Gurevitch et al., 2004). В то же время, основу магнитостратиграфической схемы эффузивных траппов Маймеча-Котуйского района составляют данные, полученные более четверти века назад (Гусев и др., 1967; Сидорас, 1984) и требующие детализации и подтверждения путем проведения палеомагнитных исследований на современном методическом и аппаратурном уровне.

Для количественной оценки времени и продолжительности траппового магматизма на севере Сибирской платформы необходима обоснованная корреляция лавовых толщ не только в региональных масштабах, но и с Глобальной магнитостратиграфической шкалой пермской и триасовой систем (Steiner, 2006; Hounslow and Muttoni, 2010).

Актуальность поставленных в данной работе задач подчеркивается все возрастающим интересом мирового научного сообщества к вопросу о степени воздействия вулканических извержений, происходящих в процессе становления крупных магматических провинций, на биосферу Земли. На рубеже палеозойской и мезозойской эр произошла крупнейшая в истории нашей планеты биосферная катастрофа, которая привела к массовому вымиранию многочисленных видов растений и животных (Raup, 1994). Становление Сибирской трапповой провинции считается одной из наиболее вероятных причин этого биосферного кризиса (Courtilot, Olson, 2007). Высокоточные геохронологические (Bowring et al., 1998; Kamo et al., 2003) и магнитостратиграфические (Gurevitch et al., 2004) исследования указывают на то, что излияния огромного количества лав и формирование субвулканических интрузий, общим объемом в 2-5 млн. км<sup>3</sup> (Васильев и др., 2000), происходило не более 1 млн. лет. Однако, с учетом этих оценок и при условии монотонности излияний, интенсивность вулканической активности была бы близка к современной (Davies, 1999) и не могла привести к катастрофическим последствиям планетарного масштаба. С другой стороны, имеются основания полагать (Erwin, 1994), что при неравномерном извержении (в случае смены периодов затишья бурными, относительно кратковременными всплесками магматической активности – вулканическими «пульсами») количества парниковых газов, одномоментно поступавших в атмосферу и гидросферу Земли, было бы достаточно для начала экологической катастрофы мирового масштаба. Таким образом, выявление динамики магматизма, приведшего к образованию сибирских траппов, позволит получить дополнительную информацию для тестирования гипотезы о связи магматизма с пермо-триасовым вымиранием. Как это было показано на примере траппов Декана (Chenet et al., 2008, 2009), при наличии максимально детальной (с точностью до каждого лавового потока) и надежной магнитостратиграфии, палеомагнитный метод является мощным инструментом для определения динамики магматической активности и ее продолжительности.

### **Цели и задачи исследований**

Основными **целями** настоящей работы являются:

1. Разработка современной магнитостратиграфической схемы эффузивных траппов Маймеча-Котуйского региона.
2. Оценка продолжительности и интенсивности эффузивного траппового магматизма Маймеча-Котуйской провинции палеомагнитным методом.
3. Разработка схемы корреляции вулканогенных пермо-триасовых толщ Норильского и Маймеча-Котуйского районов, создание сводного

магнитостратиграфического разреза траппов севера Сибирской платформы и его сопоставление с Глобальной шкалой магнитной полярности.

Для достижения поставленных целей необходимо решить ряд конкретных **задач**:

1. Получить детальные магнитостратиграфические и палеомагнитные данные для опорных разрезов эффузивных траппов Маймеча-Котуйской провинции.

2. Исследовать запись палеомагнитных вариаций в изученных разрезах Маймеча-Котуйского региона на предмет наличия в ней дирекционных групп и единичных палеомагнитных направлений, отвечающих, соответственно, магматическим пульсам и индивидуальным извержениям.

3. Выполнить палеомагнитное переизучение спорного интервала верхней части трапповой толщи Норильского района.

4. Выполнить корреляцию вулканических разрезов Маймеча-Котуйского и Норильского регионов. Составить сводный разрез пермо-триасовых траппов севера Сибирской платформы и сопоставить его с Глобальной шкалой магнитной полярности с использованием имеющихся геохронологических датировок.

### **Научная новизна**

Впервые для пермо-триасовых эффузивных траппов Маймеча-Котуйской провинции выполнены палеомагнитные исследования, отвечающие современным требованиям надежности и качества. Полученные данные положены в основу детальной магнитостратиграфической схемы траппов Маймеча-Котуйской провинции. Впервые для траппов данного района применена методика выделения пульсов магматической активности, выполнена оценка интенсивности и продолжительности траппового магматизма. Разработана новая схема корреляции вулканических толщ Норильского и Маймеча-Котуйского регионов. Предложен и обоснован сводный магнитостратиграфический разрез траппов севера Сибирской платформы, который, с учетом новейших геохронологических датировок, сопоставлен с современной Глобальной шкалой магнитной полярности.

### **Защищаемые положения**

1. Магнитостратиграфическая схема эффузивных траппов Маймеча-Котуйского района включает пять зон магнитной полярности. В этой схеме первой снизу зоне обратной полярности отвечают породы хардахской свиты. Следующая за ней зона прямой полярности включает лавы арыджангской и нижней части онкучакской свит. Ее сменяет вторая зона обратной полярности,

которой отвечают породы верхней части онкучакской свиты, тыванкитской свиты и нижнедельканской подсвиты. Выше находится вторая зона прямой полярности, которой соответствуют лавы верхнедельканской подсвиты. Завершает разрез третья зона обратной полярности, образованная породами маймечинской свиты.

2. Временные интервалы, в течение которых происходило формирование эффузивных траппов Норильского и Маймеча-Котуйского регионов, частично перекрываются. Имеющиеся данные поддерживают корреляцию арыджангской и низов онкучакской свит (маймеча-котуйский разрез) с моронговской и мокулаевской свитами (норильский разрез). Верхняя часть маймеча-котуйского разреза (начиная с верхней части онкучакской свиты) начала формироваться не раньше конца самоедского времени, после того, как завершились основные извержения в Норильском регионе. Хардахская свита Маймеча-Котуйского региона, вероятно, одновозрастна ивакинской свите Норильского региона.

3. Корреляция сводного магнитостратиграфического разреза траппов севера Сибирской платформы с Глобальной шкалой магнитной полярности указывает на то, что большая его часть сформировалась в течение индского времени на протяжении первых полутора миллионов лет после пермо-триасового рубежа.

4. Формирование вулканических пород нижней части маймеча-котуйского разреза в составе хардахской, арыджангской и нижней части онкучакской свит происходило не равномерно, а в течение кратковременных вспышек (пульсов) вулканической активности, суммарная продолжительность которых не превышала 7-8 тыс. лет. При этом общая длительность накопления всей лавовой толщи нижней части разреза (включая периоды покоя) не превышала 100 тыс. лет и, возможно, была меньше 10 тыс. лет.

### **Практическая и теоретическая значимость**

Выполненные исследования демонстрируют значимость палеомагнитного метода при региональных и глобальных корреляциях мощных лавовых разрезов. Результаты, полученные в настоящей работе, могут быть использованы при проведении геологического картирования, для разработки и тестирования моделей образования и эволюции крупных магматических провинций Земли, а также для проверки гипотезы о связи крупнейшего в истории Земли пермо-триасового вымирания со становлением траппов Сибирской платформы.

## **Фактический материал**

Палеомагнитное опробование опорных разрезов траппов Маймеча-Котуйского района было выполнено в ходе полевых сезонов 2007-2009 годов. Опробование верхов вулканического разреза Норильского района было проведено в рамках полевых работ 2012 года. Ввиду труднодоступности ключевых объектов исследований, экспедиционные работы потребовали объединения усилий полевых отрядов разных организаций (ИФЗ РАН, МГУ). Всего было отобрано и обработано более 2300 ориентированных образцов из нескольких десятков обнажений.

## **Апробация работы**

Результаты исследований, положенные в основу диссертационной работы, докладывались на международных и всероссийских конференциях и семинарах, среди которых: Студенческий Международный Геологический Конгресс, 2013 (г.Брно, Чехия); EGU, 2009, 2010 (г.Вена, Австрия); AGU, 2011, 2013 (г.Сан-Франциско, США); «Палеомагнетизм и магнетизм горных пород», 2009, 2011 (пос.Борок Ярославская обл.), 2012 (г.Санкт-Петербург), 2013 (г.Казань); III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского 2009, 2013 (г.Санкт-Петербург); XIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», 2009, 2011 (г.Москва); конференция «Problems of geocosmos», 2010 (г.Санкт-Петербург); II школа-семинар «Гординские чтения», 2012 (г.Москва); Международная конференция, посвященная памяти Виктора Ефимовича Хаина, 2011 (г.Москва).

## **Публикации**

В общей сложности по теме диссертационной работы автором лично и в соавторстве подготовлено 27 публикаций: 5 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК (три опубликованы, две приняты к печати), 22 статьи в сборниках и тезисы конференций.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Работа включает 114 страниц машинописного текста, 32 иллюстрации, 7 таблиц. Библиографический список состоит из 88 работ.

## **Благодарности**

Хочется выразить большую благодарность за руководство работой моим научным руководителям: Павлову Владимиру Эммануиловичу, заведующему

лабораторией Главного геомагнитного поля и петромагнетизма ИФЗ РАН, и Короновскому Николаю Владимировичу, заведующему кафедрой динамической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова.

Искреннее спасибо коллегам, с которыми были проведены два полевых сезона, благодаря которым была отобрана палеомагнитная коллекция и совместно с которыми были выполнены лабораторные палеомагнитные исследования – Павлову В.Э., Веселовскому Р.В., Латышеву А.В.; автор глубоко признателен за предоставленную ему возможность работать в этом коллективе.

За совместные лабораторные эксперименты и их обсуждение благодарю Маркова Г.П. (ИФЗ РАН). За консультации и постоянный интерес к работе выражаю признательность Баженову М.Л. (ГИН РАН), за комментарии и дополнительную информацию - Радько В.А. (ООО «Норильск-геология»), Мамаевой Е.А. (ВНИИОкеангеология).

Благодарю за поддержку на всех стадиях выполнения работы сотрудников петромагнитной лаборатории МГУ: Лубнину Н.В., Водовозова В.Ю., Герасимову А.А.; сотрудников ИФЗ РАН: Шацилло А.В., Гендлер Т.С.; коллектив кафедры динамической геологии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Большое спасибо моей семье и родителям за создание условий для написания работы и постоянную поддержку.

Полевые и лабораторные исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, NSF и Минобрнауки РФ.

## **Глава 1. Геологическое описание района исследований**

Маймеч-Котуйская провинция щелочно-ультраосновных пород (70 тыс. км<sup>2</sup>) расположена на севере Сибирской платформы к западу от Анабарского поднятия. В геологическом строении территории принимают участие архейские и раннепротерозойские породы кристаллического фундамента, на размытой поверхности которых залегают преимущественно осадочные породы верхнепротерозойского и палеозойского возраста, а также толща эффузивных пород трапповой формации (P<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>); венчают разрез мел-четвертичные терригенные, мелководно-морские и флювиогляциальные отложения.

Пермо-триасовые вулканогенные образования Маймеч-Котуйской трапповой провинции, являющиеся основным объектом настоящего исследования, имеют широкое распространение и значительную мощность (до 3.5 км). Они достаточно хорошо обнажены в долинах рек Котуй и Маймеч и залегают на осадочных породах тунгусской серии (C<sub>2</sub>-P<sub>3</sub>) без видимого несогласия.

Разрез эффузивных траппов долины р.Котуй представлен: 1) туфолатами и лавами щелочно-ультраосновного состава, относящимися к хардахской свите; 2) покровами лав щелочных базальтоидов арыджангской свиты; 3) толеитовыми базальтами нижней части коготокской серии – онкучакской свиты. Разрез долины р.Маймечы сложен: 1) туфогенной толщей правобоярской свиты, являющейся (Fedorenko et al., 1997) фациальным аналогом лав арыджангской свиты; 2) толеитовыми базальтами онкучакской свиты (нижняя часть коготокской серии), трахибазальтами и трахиандезибазальтами тыванкитской свиты (верхняя часть коготокской серии); 3) авгититами и лимбургитами нижнедельканской свиты и лавами чаще среднего, редко - основного состава верхнедельканской свиты; 4) ультраосновными породами маймечинской свиты.

Возраст рассматриваемых эффузивных толщ определяется как пермотриасовый ( $P_3-T_1$ ) на основании палеонтологических находок (Объяснительная..., 1978) и датировок изотопного возраста (Kamo et al., 2003; Burgess et al., в печати).

## **Глава 2. Результаты палеомагнитных исследований эффузивных траппов Маймечы-Котуйской провинции**

### **2.1. Методика палеомагнитных исследований**

Общий объем палеомагнитных коллекций эффузивных пород Маймечы-Котуйского района составил 2200 ориентированных образцов; в Норильском районе было отобрано 67 образцов. Из каждого лавового потока отбиралось 8 - 20 образцов (штуфов), ориентировка которых производилась при помощи горного компаса с постоянным контролем возможного влияния на магнитную стрелку сильномагнитных пород. Величина местного магнитного склонения рассчитывалась по модели IGRF (11 поколение).

Лабораторные палеомагнитные исследования выполнялись в Петромагнитной лаборатории геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, лаборатории Главного геомагнитного поля и петромагнетизма ИФЗ РАН, палеомагнитных лабораториях парижского Института физики Земли (Франция) и Массачусетского технологического института (США). Все образцы были подвергнуты детальной температурной чистке. Для размагничивания образцов использовались немагнитные печи с величиной нескомпенсированного поля не более 5-10 нТл. Измерения остаточной намагниченности образцов проводились на спин-магнитометрах JR-6 (AGICO) и на криогенных магнитометрах фирмы 2G Enterprises.

Обработка результатов магнитных чисток выполнялась в соответствии со стандартной методикой и с учетом методических разработок последних лет

(Zijderveld, 1967; Храмов, 1982; McFadden and McElhinny, 1990; Enkin, 1990, 2003; Шипунов, 1995, 1999) при помощи пакета программ Энкина (Enkin, 1994) и Remasoft (Chadima et al., 2006), использующих при выделении компонент намагниченности метод PCA (Kirschvink, 1980).

## **2.2. Обзор палеомагнитных данных по вулканическим породам**

### **Маймеча-Котуйского района**

Выполнен анализ палеомагнитных данных, опубликованных в работах (Гусев и др., 1967; Сидорас, 1984; Heunemann et al., 2004), и определен ряд наиболее проблемных интервалов разреза лавовой толщи Маймеча-Котуйского района, по которым необходимо проведение дополнительных палеомагнитных исследований.

## **2.3. Описание опробованных разрезов эффузивных траппов**

Вулканогенная толща Маймеча-Котуйской провинции была изучена в 15 разрезах. В долине р. Котуй у устья р. Потокой были опробованы пять лавовых потоков и 4 пачки туфов хардахской свиты. В районе устья р. Медвежья в двух разрезах, опробован 31 лавовый поток арыджангской свиты, а в 10 км ниже по течению от пос. Каяк (участок долины, известный под названием «Труба») – 44 лавовых потока онкучакской свиты. В долине р. Маймеча туфы правобоярской свиты опробованы в 10 сайтах (2 обнажения). Лавы онкучакской свиты были отобраны на левом берегу р. Маймеча в 2 км ниже по течению от устья р. Чопко (44 потока) и на правом берегу, в 2 км ниже по течению от р. Балаганнах (42 потока). Тыванкитская свита была опробована на водоразделе рек Коготок и Делькан в 10 сайтах. Лавы дельканской свиты были изучены в трех обнажениях: на правом берегу р. Маймеча (около устья руч. Канар-Юрях), на левом берегу (в 1.5 км ниже устья р. Коготок), в бортах долины р. Ветвистой, в 750 м выше по течению от ее устья (отбор производился по мощности с шагом 1-2 м). Маймечинская свита была опробована в трех обнажениях, расположенных на обоих берегах р. Маймеча, между устьями рек Коготок и Делькан.

## **2.4. Палеомагнетизм пород Маймеча-Котуйской трапповой провинции**

В составе естественной остаточной намагниченности (ЕОН) пород **хардахской свиты** достаточно уверенно выделяются две компоненты намагниченности: низкотемпературная (НТ) современная (вязкая) и высокотемпературная (ВТ) характеристическая обратной (R) полярности. В ряде образцов также выделяется среднетемпературная (СТ) компонента прямой (N) полярности, являющаяся, возможно, результатом полного (в ряде случаев –

частичного) перемагничивания вулканитов хардахской свиты в арыджангское время, исходя из близости палеомагнитных направлений.

В 31 исследованном потоке щелочных и ультраосновных лав **арыджангской свиты** качество палеомагнитной записи можно оценить как посредственное. В большинстве изученных образцов в составе вектора ЕОН присутствуют две компоненты намагниченности: НТ современная и ВТ (550-600°C) исключительно прямой (N) полярности. Для галек, отобранных из средней части свиты, выполнен тест конгломератов.

Туфы **правобоярской свиты** несут палеомагнитную запись хорошего качества. ЕОН большей части образцов содержит две компоненты намагниченности: НТ современную и ВТ N или R полярности. Характеристические компоненты различной полярности не являются антиподальными ( $\gamma/\gamma_c=14.1^\circ/5.8^\circ$ ). В ряде случаев ЕОН образцов является суммой трех компонент намагниченности: НТ современной, СТ (300-420°C) R полярности и ВТ (460-610°C) N полярности. Наиболее вероятно, что формирование туфов правобоярской свиты происходило в эпоху прямой полярности геомагнитного поля, при этом противоположно направленная ей СТ компонента, возможно, образовалась в результате частичного вторичного прогрева туфов. Этот прогрев мог произойти, например, за счет внедрения наблюдаемых в разрезе обратно намагниченных даек, секущих туфовую толщу и являющихся, по всей видимости, подводными каналами для вышележащей лавовой толщи. Однако следует отметить, что имеющихся данных недостаточно, чтобы считать предложенную интерпретацию единственно верной, поэтому в дальнейшем правобоярская свита не рассматривается при построении магнитостратиграфической схемы региона.

Большинство образцов **онкучакской свиты** долины р.Котуй (разрез «Труба») содержит палеомагнитный сигнал хорошего качества. ЕОН образцов является суммой двух или трех компонент намагниченности. НТ современная компонента намагниченности имеет, вероятно, вязкую природу. Три нижних потока содержат ВТ компоненту N полярности. Выше по разрезу залегает пачка туфов, характеризующихся очень шумным, неинтерпретируемым палеомагнитным сигналом. В образцах вышележащего потока базальтов выделяется ВТ компонента R полярности. В следующих вверх по разрезу пяти потоках палеомагнитный сигнал шумный, и проведение компонентного анализа не представляется возможным. ВТ компонента в образцах из оставшихся 35 верхних потоков имеет R полярность. Таким образом, изученный разрез онкучакской свиты содержит две зоны магнитной полярности, при этом наличие переходной зоны, выделенной ранее в работе (Гусев, 1967), не подтверждается.

Покровы базальтов нижней части **онкучакской свиты** в долине р.Маймеча несут палеомагнитный сигнал хорошего качества. В изученных образцах выделяются различные комбинации стабильных антиподальных компонент намагниченности: а) 55% от общего кол-ва образцов – СТ (R) и ВТ (N); б) 30% – ВТ (N); в) 15% – ВТ (R). Важно заметить, что ВТ компонента намагниченности нередко имеет различную полярность в образцах из одного потока. Чистка переменным магнитным полем подтверждает наличие в составе ЕОН антиподальных компонент намагниченности, причем более высокотемпературная компонента N полярности соответствует относительно более высококоэрцитивной компоненте.

Наличие в разрезах образцов, содержащих противоположные компоненты намагниченности, можно объяснить либо перемагничиванием, либо эффектом самообращения намагниченности. В случае перемагничивания следовало бы ожидать, что в образцах, отобранных из одного сайта, всегда будет наблюдаться схожая палеомагнитная запись. С другой стороны, даже небольшие локальные вариации в составе пород могут привести к различному характеру палеомагнитной записи в случае реализации процесса самообращения намагниченности.

Для проверки возможности самообращения намагниченности в рассматриваемых породах были проведены лабораторные эксперименты по созданию в образцах парциальной термоостаточной намагниченности (pTRM), результаты которых указывают на наличие двух магнитных фаз, имеющих близкие блокирующие температуры. Наличие таких фаз может являться важной предпосылкой для проявления эффекта самообращения. В ходе экспериментов удалось смоделировать частичное самообращение намагниченности, при этом направление наиболее стабильной компоненты намагниченности отвечало направлению лабораторного магнитного поля, в котором остывал образец, а менее стабильная компонента имела противоположное направление. Таким образом, результаты указывают на то, что именно N полярность ВТ компоненты намагниченности отражает направление геомагнитного поля времени формирования изученных пород.

Трахибазальтовые лавы верхней части онкучакской свиты опробовались в долине р.Маймеча и несут палеомагнитный сигнал хорошего качества. Во всех образцах присутствуют две компоненты намагниченности: НТ современная и ВТ (550-605°C), имеющая R полярность.

Образцы **тыванкитской свиты** характеризуются палеомагнитным сигналом разного качества. В образцах с хорошей записью присутствуют, как правило, две компоненты намагниченности: НТ современная и ВТ (560-635°C) R полярности.

Лавы дельканской свиты несут палеомагнитный сигнал хорошего качества. В породах нижнедельканской подсвиты характеристическая ВТ компонента (560-585°C) имеет R полярность. Большая часть пород верхнедельканской подсвиты намагничена в N полярности. В верхней части подсвиты наблюдается маломощный интервал переменной полярности (13 образцов из 20 м разреза), который, предположительно, отражает переходное состояние поля между устойчивыми периодами прямой (верхнедельканское время) и обратной (маймечинское время) полярности. Однако, имеющихся данных не достаточно для надежного доказательства его существования.

Венчающие разрез породы маймечинской свиты содержат одну стабильную ВТ компоненту намагниченности R полярности.

Доводами в пользу первичности выделенных характеристических компонент намагниченности в изученных свитах являются: (а) близость рассчитанных для каждой свиты виртуальных геомагнитных полюсов к среднему пермо-триасовому (трапповому) палеомагнитному полюсу Сибирской платформы и их отличие от более молодых полюсов (Pavlov et al., 2007); (б)

наличие в разрезах стабильных компонент прямой и обратной полярности с почти антиподальными средними палеомагнитными направлениями; (в) положительный результат теста конгломератов, выполненный для арыджангской свиты; (г) наличие первично-магматического гомогенного титаномагнетита в онкучакской свите и зерен гетерофазно окисленного титаномагнетита в остальных свитах (Латышев и др., 2013); (д) существование в разрезе дирекционных групп, средние направления которых статистически значимо отличаются друг от друга (Павлов и др., 2011).



## 2.5. Магнитостратиграфия эффузивных траппов Маймеча-Котуйского района

Проведенные исследования позволили разработать магнитостратиграфическую схему эффузивных траппов Маймеча-Котуйского района, в которой выделяется пять зон магнитной полярности (рис. 1).

Рис. 1. Магнитостратиграфическая схема разреза вулканических пород Маймеча-Котуйского района. Черный (белый) цвет – зона прямой (обратной) полярности.

В этой схеме первой снизу зоне обратной полярности отвечают туфолавы хардахской свиты. Следующая за ней вверх по разрезу зона прямой полярности включает породы арыджангской и нижней части онкучакской свит. Ее сменяет вторая зона обратной полярности, которой отвечают породы верхней части онкучакской свиты, тыванкитской свиты и нижнедельканской подсвиты. Выше находится вторая зона прямой полярности, которой соответствуют лавы верхнедельканской подсвиты. Завершает разрез третья зона обратной полярности, образованная породами маймечинской свиты. Заметим, что выполненные детальные палеомагнитные исследования не подтвердили существование переходной зоны в породах онкучакской свиты. Кроме того, важное значение для оценки динамики траппового магматизма имеет установленный факт смены магнитной полярности внутри онкучакской и дельканской свит.

### **Глава 3. Оценка продолжительности вулканических извержений в Маймеча-Котуйской трапповой провинции**

#### **3.1. Методика оценки продолжительности и характера эффузивного магматизма палеомагнитным методом**

Для определения характера вулканической активности и получения временных ограничений на длительность извержений, вслед за (Chenet et al., 2008), в работе использовался метод, опирающийся на анализ геомагнитных вековых вариаций, записанных в последовательности лавовых потоков.

Вулканические потоки при своем остывании приобретают термоостаточную намагниченность, которая фиксирует текущее направление геомагнитного поля в месте излияния потока. Поскольку средняя скорость изменения направления геомагнитного поля составляет примерно  $2^\circ$  за 100 лет (Gallet et al., 2002), а точность определения среднего палеомагнитного направления в изученных лавовых потоках достигает  $6-8^\circ$ , то потоки, излившиеся с промежутком времени большим 300-400 лет, будут, как правило, иметь статистически различные направления. И напротив, потоки, формирование которых происходило внутри этого временного интервала, будут иметь статистически неразличимые средние палеомагнитные направления. Следовательно, если средние направления соседних потоков не различаются статистически (например, на 95-% уровне доверия) между собой, их можно объединить в дирекционную группу, отвечающую единичному вулканическому пульсу.

Количество дирекционных групп и индивидуальных направлений (отвечающих единичным потокам, статистически отличающимся по своим

средним направлениям от соседних потоков или дирекционных групп) в этом случае будет соответствовать количеству вспышек вулканизма, в течение которых сформировался исследуемый разрез. При этом принимается, что каждая серия лавовых потоков, отвечающая вулканическому пульсу, формировалась в течение 300-400 лет или меньше, а каждый единичный поток отвечает временному интервалу меньше 10-100 лет (Thordarson and Self, 2003; Chenet et al., 2008). Статистическая процедура, которая использовалась при выделении дирекционных групп и индивидуальных направлений, описана в (Chenet et al., 2008).

Кроме того, для оценки длительности накопления вулканических толщ использовались следующие палеомагнитные ограничения:

1. Формирование разреза происходило дольше 10-100 тыс. лет, если вековые вариации в нем усреднены.

2. При наличии в разрезе записи (полной или частичной) геомагнитной инверсии можно считать, что длительность формирования соответствующего интервала разреза не превышает 5-10 тыс. лет (Merrill, McFadden, 1996).

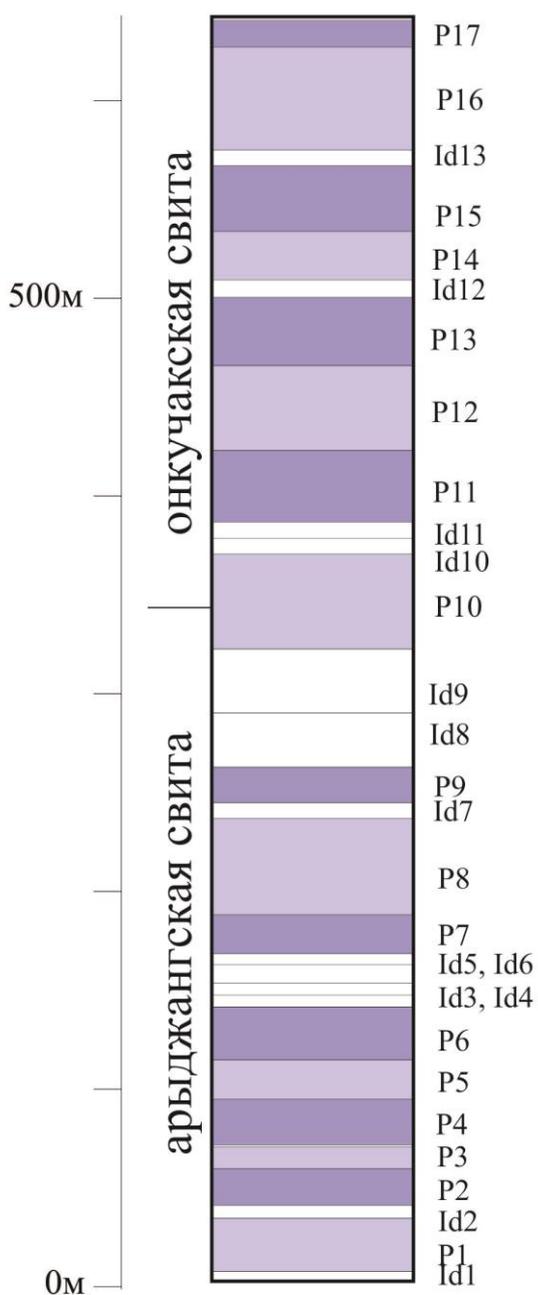
3. При наличии в разрезе записи (полной или частичной) геомагнитного экскурса можно считать, что длительность формирования соответствующего интервала разреза не превышает 2-3 тыс. лет (Merrill, McFadden, 1996).

### **3.2. Оценка динамики траппового вулканизма Маймеча-Котуйской провинции**

Полученные палеомагнитные данные по траппам долины р.Маймеча можно с уверенностью использовать для магнитостратиграфических построений, однако, метод выделения пульсов вулканической активности на их основе не может быть применим. Это объясняется недостаточной детальностью отбора в связи с плохой обнаженностью, с невысокой точностью определения залегания потоков, со сложной тектонической обстановкой в районе работ. Поэтому данный метод был применен только к котуйскому разрезу.

Данные, полученные при детальных палеомагнитных исследованиях вулканической толщи долины реки Котуй, включающей 79 лавовых потока хардахской, арыджангской и онкучакской свит (общей мощностью около 600 м), были использованы для оценки динамики накопления этого разреза. С помощью метода выделения пульсов магматической активности (Chenet et al., 2008) в этой толще было выделено 17 дирекционных групп и 13 индивидуальных направлений, отвечающих соответственно, 17 вулканическим пульсам и 13 индивидуальным извержениям (рис. 2). Исходя из приведенных выше временных ограничений, это означает, что суммарная длительность

активного вулканизма, в течение которого формировался котуйский трапповый разрез, составляла (без учета периодов покоя) 7-8 тыс. лет.



Условные обозначения

	P17 - дирекционная группа №17
	P16 - дирекционная группа №16
	Id13 - единичное направление №13

Рассчитанный палеомагнитный полюс котуйского разреза ( $P_{lat}=49.1$ ,  $P_{long}=139.8$ ,  $N=26$ ,  $K=62$ ,  $\alpha_{95}=3.5$ ) близок к пермо-триасовому палеомагнитному полюсу Сибирской платформы (Pavlov et al., 2007). Это составляет необходимое, но недостаточное условие для вывода о полном усреднении в разрезе вековых вариаций. С другой стороны, амплитуда вековых вариаций, определенная как разброс виртуальных геомагнитных полюсов, несколько меньше ожидаемой для данной палеошироты исходя из модели ТК03 (правомерность применения этой модели для пермо-триасового времени была показана в работе (Павлов, 2013)). Это может рассматриваться как вполне определенное указание на относительно короткое время (менее 10-100 тыс. лет) формирования котуйского разреза.

Проведенные исследования показали отсутствие в котуйском трапповом разрезе инверсионных и экскурсионных зон, при этом переходная зона, выделенная Б.В. Гусевым (1967), не была подтверждена.

Рис. 2. Схема выделенных в трапповом разрезе долины р.Котуй дирекционных групп и единичных направлений.

## Глава 4. Корреляция эффузивных траппов Маймеча-Котуйского и Норильского районов

### 4.1. Магнитостратиграфия Норильской туфолавовой толщи: существующие данные и дополнения к ним

Полученные ранее данные по магнитостратиграфии норильской лавовой толщи (Lind et al., 1994; Gurevitch et al., 2004) вполне определенно указывают на то, что в разрезе присутствуют две зоны магнитной полярности. Зоне обратной полярности в основании разреза соответствует большая часть ивакинской свиты. Выше по разрезу выделяется переходная зона, которой отвечают лавы верхней части ивакинской, сыверминской, гудчихинской, хаканчанской, туклонской свит, а также большая часть надеждинской свиты (Heunemann et al., 2004; Pavlov et al., в печати). Все вышележащие свиты (надеждинская, моронговская, мокулаевская, хараелахская, кумгинская и самоедская) намагничены, согласно (Heunemann et al., 2004; Gurevitch et al., 2004), в поле прямой полярности. В верхах норильского разреза (моронговская, самоедская свиты) рядом исследователей (Lind et al., 1994; Михальцов и др., 2012) предполагалось наличие одной или нескольких зон обратной полярности. В ходе проведенных недавно работ (Латышев, 2013) существование таких зон на моронговском интервале разреза не было подтверждено.



В рамках настоящей работы были выполнены дополнительные исследования верхней части самоедской свиты. Эта свита была опробована в ее стратотипическом разрезе в долине реки Верхняя Таловая в девяти сайтах (67 образцов). Наиболее стабильная компонента намагниченности в образцах из трех сайтов, отвечающих самым верхам разреза, имеет исключительно обратную полярность, а ее среднее палеомагнитное направление близко к ожидаемому пермо-триасовому. В сайтах, расположенных стратиграфически ниже по разрезу, породы намагничены в прямой полярности, однако среднее

В рамках настоящей работы были выполнены дополнительные исследования верхней части самоедской свиты. Эта свита была опробована в ее стратотипическом разрезе в долине реки Верхняя Таловая в девяти сайтах (67 образцов). Наиболее стабильная компонента намагниченности в образцах из трех сайтов, отвечающих самым верхам разреза, имеет исключительно обратную полярность, а ее среднее палеомагнитное направление близко к ожидаемому пермо-триасовому. В сайтах, расположенных стратиграфически ниже по разрезу, породы намагничены в прямой полярности, однако среднее

Рис. 3. Магнитостратиграфическая схема эффузивных траппов Норильского района с названиями свит. Черный (белый) цвет – зона прямой (обратной) полярности. Серый цвет – переходная зона.

направление стабильной компоненты в них существенно отличается от ожидаемого. Возможно, что этот интервал разреза отвечает переходной зоне магнитной полярности. Таким образом, проведенные исследования доказывают существование в верхах самоедской свиты зоны обратной полярности.

#### 4.2. Варианты корреляции норильского и маймеча-котуйского эффузивных трапповых разрезов

Вопрос о корреляции трапповых разрезов Норильского и Маймеча-Котуйского районов неоднократно обсуждался в отечественной и мировой литературе (Steiner, 2006; Kamo et al., 2003; Gurevitch et al., 2004; Fedorenko et al., 2000; Westphal et al., 1998; и др.). Полученные в данной работе новые палеомагнитные определения позволяют подойти к решению вопроса о корреляции рассматриваемых трапповых разрезов, опираясь на комплекс современных магнитостратиграфических и геохронологических данных, а также с учетом имеющихся палеонтологических ограничений. В данной работе рассматриваются три варианта корреляции сводных разрезов Норильского и Маймеча-Котуйского районов (рис. 5).

**Вариант 1** предполагает, что норильский разрез древнее маймеча-котуйского (рис. 5, а). **Вариант 2** рассматривает обратную ситуацию: весь маймеча-котуйский разрез древнее норильского (рис. 5, б). В пределах соответствующих доверительных интервалов геохронологические данные (Kamo et al., 2003) могут быть согласованы с обоими из предложенных вариантов. Однако, оба варианта корреляции противоречат имеющимся палеонтологическим определениям. Кроме того, они также не согласуются с современной датировкой возраста пермо-триасовой границы  $252.6 \pm 0.2$  млн. лет (Metcalfе, Isozaki, 2009).

**Вариант 3:** интервалы формирования норильского и маймеча-котуйского разрезов частично перекрываются (рис. 5, в-е). Такое предположение выдвигалось ранее в работах (Fedorenko and Czamanske, 1997; Fedorenko et al., 2000; Gurevitch et al., 2004; Сидорас, 1984; Westphal et al., 1998). Полученные в настоящей работе магнитостратиграфические данные не допускают полного перекрытия этих разрезов во времени, так как в норильском разрезе записаны три, а в маймеча-котуйском – пять зон магнитной полярности. Более того, в норильском разрезе выделяется мощный инверсионно-экскурсионный интервал (Heunemann et al., 2004; Pavlov et al., в печати), аналоги которого отсутствуют в маймеча-котуйском разрезе. Это исключает вариант корреляции 3-1 (рис. 5, в) и означает, что в то время как в Норильском районе происходили интенсивные извержения, приведшие к формированию нижней части лавовой толщи, в

Маймеча-Котуйском районе не было сколько-нибудь существенных проявлений вулканической активности.

В настоящий момент нет данных, которые бы прямо противоречили одновозрастности хардахской и ивакинской свит: породы этих свит намагничены в обратной полярности и содержат позднепермскую фауну и флору (Иванов и др., 1959; Объяснительная..., 2000). Отсутствие переходного интервала между зонами прямой и обратной полярности в нижней части маймеча-котуйского разреза свидетельствует в пользу существования здесь перерыва неизвестной длительности, большего, однако, чем время, характерное для геомагнитной инверсии (5-10 тыс. лет).

Прямо намагниченный интервал котуйского разреза может быть сопоставлен с прямо намагниченными породами норильской трапповой толщи (рис. 5, г). Эта корреляция поддерживается тем фактом, что средние полюсы ( $Plat=53.4^\circ$ ;  $Plong=128.7^\circ$ ;  $\alpha_{95}=5.1^\circ$ ;  $K=58$ ;  $N=13$  и  $Plat=56.5^\circ$ ;  $Plong=142.2^\circ$ ;  $N=13$ ;  $\alpha_{95}=7.8^\circ$ ;  $K=25$  соответственно), рассчитанные для рассматриваемых интервалов разрезов, статистически не различаются ( $\gamma/\gamma_c = 8.3^\circ/9.8^\circ$ ). С другой стороны, посвитное сравнение средних виртуальных геомагнитных полюсов прямо намагниченных интервалов котуйского и норильского разрезов показывает, что из всех норильских свит только полюсы моронговской и мокулаевской свит статистически значимо не отличаются от котуйского полюса ( $\gamma/\gamma_c = 6.3^\circ/10.7^\circ$  и  $6.4^\circ/11.1^\circ$ , соответственно) (рис. 4). Это позволяет

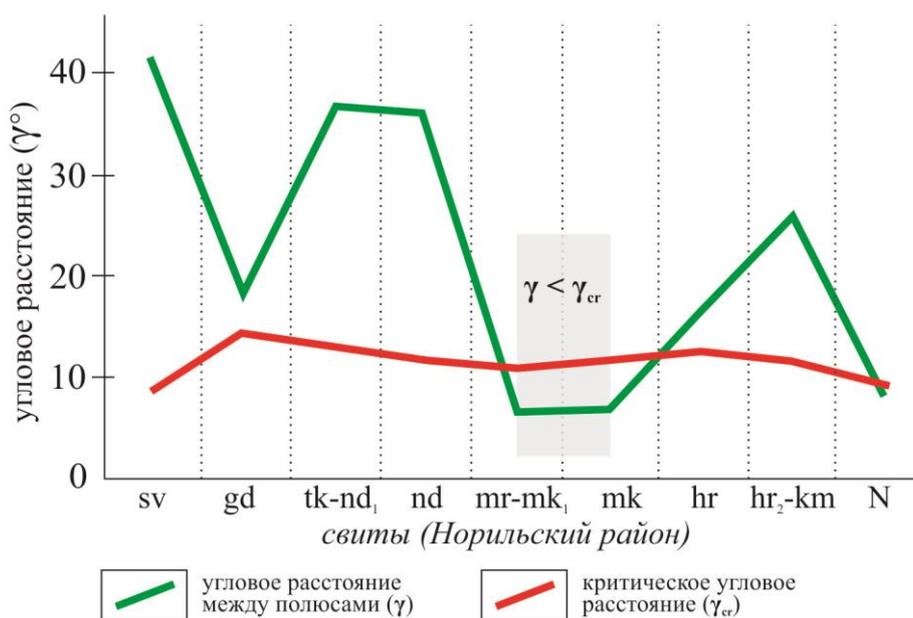


Рис. 4. Посвитное сравнение средних виртуальных геомагнитных полюсов норильского разреза со средним полюсом для прямо намагниченного интервала котуйского разреза. N – средний полюс, рассчитанный для интервала прямой полярности норильского разреза.



Выполненное сопоставление вулканических толщ норильского и маймеча-котуйского разрезов позволяет построить сводный магнитостратиграфический разрез траппов севера Сибирской платформы (рис. 5). Важно заметить, что предложенная схема корреляции представляется наиболее обоснованной, но не исчерпывает всех возможных модификаций «Варианта 3». С учетом существования перерыва неизвестной длительности в низах котуйского разреза, весь маймеча-котуйский разрез, исключая хардахскую свиту, может быть моложе норильского (рис. 5, д). Этому, впрочем, противоречит близость арыджангско-онкучакских и моронговско-мокулаевских средних виртуальных геомагнитных полюсов, а также петрологические (В.Радько, у.с.) и, отчасти, геохронологические данные (см. раздел 4.3).

#### **4.3. Корреляция эффузивных траппов севера Сибирской платформы с Глобальной шкалой магнитной полярности**

В разделе рассмотрены два возможных варианта корреляции сводного траппового разреза севера Сибирской платформы с Глобальной шкалой магнитной полярности (Hounslow, Muttoni, 2010) (рис. 6). Эти варианты используют две группы высококачественных датировок, полученных современным U-Pb методом, которые, будучи близки между собой, тем не менее, вступают в противоречие друг с другом при рассмотрении масштабов времени порядка сотен тысяч лет. **Первая группа** включает 4 определения изотопного возраста (Kamo et al., 2003): по интрузиву Норильск-1, который считается комагматичным моронговской свите норильского разреза (Naldrett et al., 1995), ( $251.2 \pm 0.3$  млн. лет, циркон); по породам из нижней части арыджангской свиты ( $251.7 \pm 0.4$  млн. лет, перовскит) и средней части дельканской свиты ( $251.1 \pm 0.3$  млн. лет, циркон) маймеча-котуйского разреза; по карбонатитам гулинского интрузивного массива ( $250.2 \pm 0.3$  млн. лет, бадделеит), породы которого прорывают всю вулканическую толщу Маймеча-Котуйского района. **Вторая группа** изотопных датировок представлена определениями (Burgess et al., в печати): по дельканской свите ( $251.904 \pm 0.061$  млн. лет, циркон) маймеча-котуйского разреза; по интрузиву далдыканского типа, формирование которого происходило в заключительный этап магматической активности в Норильском районе ( $251.403 \pm 0.048$  млн. лет, циркон).

**Вариант 1.** При использовании в качестве основы проводимой корреляции определений изотопного возраста из первой группы, нижняя зона прямой полярности сводного разреза сопоставляется с зоной LT3 мировой шкалы (согласно датировке интрузии Норильск-1). Вторая снизу зона обратной полярности коррелируется с зоной обратной полярности LT3 или LT4, а вторая

зона прямой полярности – с зонами LT4 или LT5 мировой шкалы. При этом, верхняя зона обратной полярности коррелируется с зонами обратной полярности LT4 или LT5 мировой шкалы. Важно отметить, что этот вариант подразумевает достаточно продолжительный перерыв в низах норильского разреза между ивакинской и вышележащими свитами, что не находит своего подтверждения в палеомагнитной записи (Pavlov et al., в печати). Следовательно, первая группа геохронологических определений вступает в противоречие с имеющимися магнитостратиграфическими данными.

**Вариант 2.** Если за основу корреляции взять определение изотопного возраста для дельканской свиты (Burgess et al., в печати), тогда нижний интервал прямой полярности сибирского разреза сопоставляется с зоной прямой полярности LT1 мировой шкалы, а второй снизу интервал обратной полярности – с зоной обратной полярности LT1. Второй интервал прямой полярности траппового разреза, в этом случае, соответствует зоне LT2, а интервал обратной полярности, отвечающий маймечинской свите, может быть сопоставлен с зоной LT2. Принимая во внимание датировку карбонатитов гулинской интрузии (Kamo et al., 2003), можно заключить, что лавы маймечинской свиты могли излиться либо в конце индского века, либо в оленекское время.

Ввиду того, что определения (Burgess et al., в печати) были сделаны с учетом последних методических достижений в этой области и могут рассматриваться как наиболее надежные, корреляция сводного траппового разреза севера Сибирской платформы с мировой магнитостратиграфической шкалой представляется наиболее предпочтительной согласно **варианту 2**. В этом случае **подавляющая часть сибирского вулканического траппового разреза сформировалась в течение индского века на протяжении первых полутора миллионов лет после пермо-триасового рубежа.**

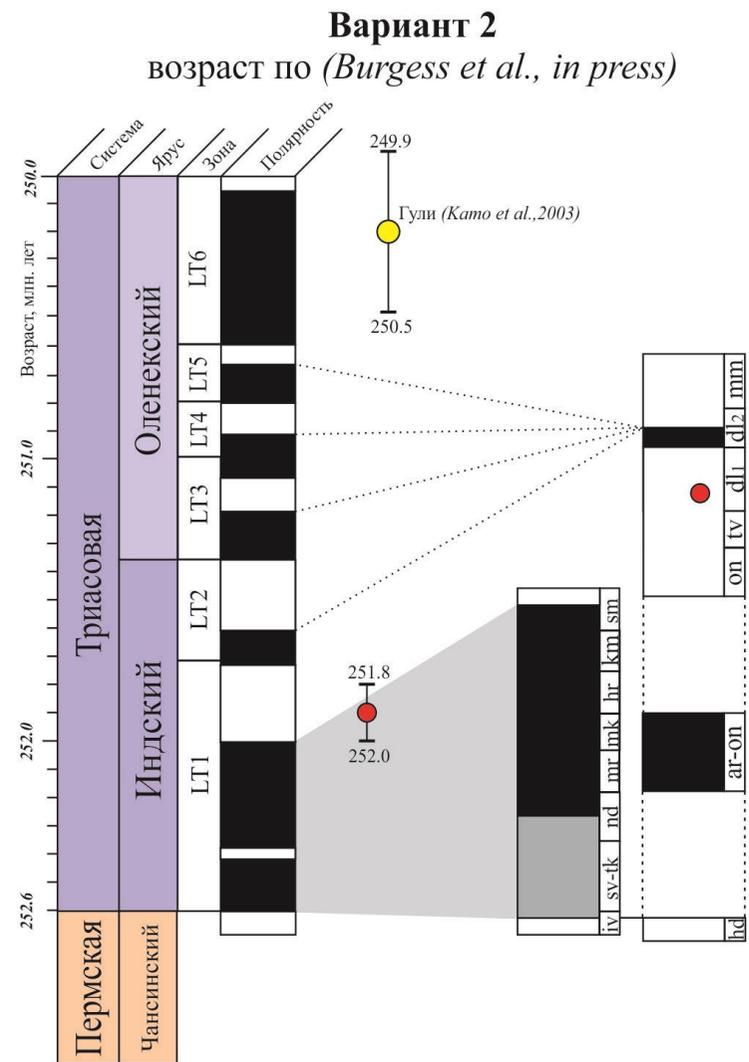
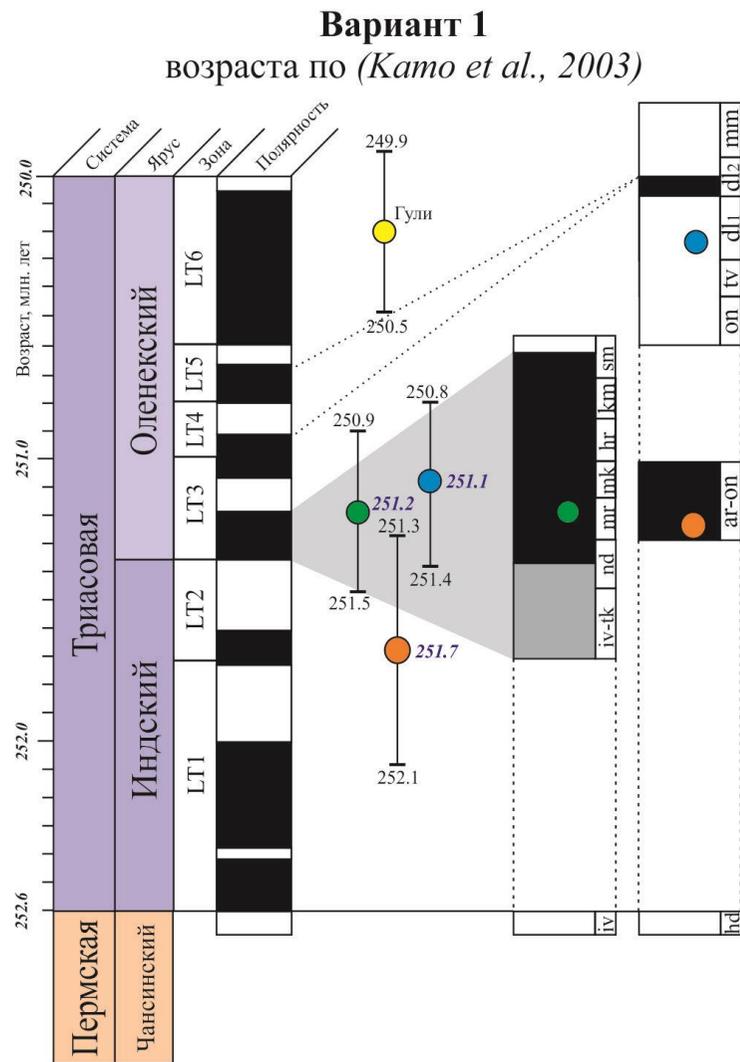


Рис.6. Корреляция сводного магнитостратиграфического разреза траппов севера Сибирской платформы с Глобальной шкалой магнитной полярности (Hounslow, Muttoni, 2010).

## Заключение

Проведенные на современном методическом и аппаратурном уровне детальные палеомагнитные исследования эффузивных пермо-триасовых траппов Маймеча-Котуйской провинции показали, что магнитостратиграфическая схема данного района состоит из пяти зон магнитной полярности.

Изучение палеомагнитных вариаций, записанных в эффузивных траппах долины р.Котуй, позволило сделать вывод о том, что продолжительность активного магматизма в этом районе не превышала 7-8 тыс. лет (без учета периодов покоя), а общая продолжительность формирования всей лавовой толщи, вероятно, была меньше 10-100 тыс. лет.

Подтверждено существование интервала обратной полярности в верхней части самоедской свиты, венчающей разрез эффузивных траппов Норильского района.

Полученные палеомагнитные данные совместно с анализом палеонтологических и новейших геохронологических определений указывают на то, что интервалы формирования трапповых разрезов Норильского и Маймеча-Котуйского районов частично перекрываются. При этом, имеющиеся данные поддерживают корреляцию арыджангской и низов онкучакской свит (маймеча-котуйский разрез) с моронговской и мокулаевской свитами (норильский разрез).

Сопоставление разработанной магнитостратиграфической схемы сводного разреза эффузивных траппов севера Сибирской платформы с Глобальной шкалой магнитной полярности указывает на то, что бóльшая часть рассматриваемого траппового разреза сформировалась в течение индского века на протяжении первых полутора миллионов лет после пермо-триасового рубежа.

## Список наиболее значимых работ, опубликованных по теме диссертации

### *Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК:*

1. Латышев А.В., Веселовский Р.В., Иванов А.В., **Фетисова А.М.**, Павлов В.Э. Свидетельства кратких интенсивных пиков магматической активности на юге Сибирской платформы (Ангаро-Тасеевская впадина) на основании результатов палеомагнитных исследований // Физика Земли. №6. 2013. С. 77-90.
2. Веселовский Р.В., Константинов К.М., Латышев А.В., **Фетисова А.М.** Палеомагнетизм субвулканических траппов севера Сибирской платформы – некоторые геологические и методические следствия // Физика Земли. 2012. №9-10. С. 74-87.
3. Павлов В.Э., Флуто Ф., Веселовский Р.В., **Фетисова А.М.**, Латышев А.В. Вековые вариации геомагнитного поля и вулканические пульсы в пермо-триасовых траппах Норильской и Маймеча-Котуйской провинций // Физика Земли, №5, 2011. С. 35-50.
4. **Фетисова А.М.**, Веселовский Р.В., Латышев А.В., Радько В.А., Павлов В.Э. Магнитная стратиграфия пермо-триасовых траппов долины реки Котуй в свете новых палеомагнитных данных // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Принята к печати. 2014.
5. Konstantinov K.M., Vazhenov M. L., **Fetisova A.M.**, Khutorskoy M.D. Paleomagnetism of trap intrusions, East Siberia: implications to flood basalt emplacement and the Permo-Triassic crisis of biosphere // Earth and Planetary Science Letters. 2014 (in press).

### *Материалы и тезисы конференций:*

1. **Фетисова А.М.**, Павлов В.Э., Латышев А.В., Веселовский Р.В. Магнитостратиграфическая корреляция траппов севера Сибирской платформы (Норильская и Маймеча-Котуйская провинции) // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород; теория, практика, эксперимент. Материалы международной школы-семинара "Палеомагнетизм и магнетизм горных пород". Казань 7-12 октября 2013 г. Изд-во КФУ. С. 222-227.
2. **Фетисова А.М.**, Веселовский Р.В., Латышев А.В., Павлов В.Э. Корреляция лавовых толщ норильского и маймеча-котуйского районов Сибирской платформы // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. 11–15 февраля 2013 г. Санкт-Петербург. ВСЕГЕИ. ISBN 978-5-93761-198-7. С. 119-123.
3. **Фетисова А.М.**, Веселовский Р.В., Латышев А.В., Павлов В.Э. Магнитная стратиграфия и корреляция пермо-триасовых траппов Маймеча-Котуйского и Норильского районов Сибирской платформы // "Палеомагнетизм и магнетизм горных пород". Материалы международной школы-семинара "Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород" - СПб: СОЛО. 2012. С. 241-248.
4. Веселовский Р.В., Павлов В.Э., **Фетисова А.М.**, Латышев А.В., Флуто Ф. Новые данные о динамике и продолжительности формирования эффузивных толщ норильского и маймеча-котуйского районов сибирской трапповой провинции // Научная конференция «Ломоносовские чтения», МГУ, апрель 2012 года, секция Геологии. Электронный ресурс: <http://geo.web.ru/conf/>
5. **Фетисова А.М.**, Павлов В.Э., Веселовский Р.В., Латышев А.В. Магнитостратиграфия пермо-триасовых траппов Маймеча-Котуйского района //

Материалы семинара "Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. Теория, практика, эксперимент. Борок. 27-30 октября 2011 г.". 2011. Ярославль. С. 234-240.

6. **Фетисова А.М.**, Латышев А.В., Веселовский Р.В. Новые палеомагнитные данные по траппам севера Сибирской платформы // Материалы Международного семинара "Палеомагнетизм и магнетизм горных пород", Борок, 22-25 октября 2009 г. Ярославль: ООО "Сервисный центр". 2009. С. 222-226.

7. **Фетисова А.М.**, Латышев А.В., Веселовский Р.В. Предварительные результаты детальных палеомагнитных исследований пермо-триасовых траппов долины реки Котуй (северо-запад Сибирской платформы) // I Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, посвященная памяти академика А. П. Карпинского, 24–27 февраля 2009 г. Тезисы докладов. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2009. С. 568-572.

8. **Anna M Fetisova**, Vladimir Pavlov, Roman V Veselovskiy New magnetostratigraphy data and correlation of the traps of Noril'sk and Maymecha-Kotuy regions of the Siberian platform // AGU Fall Meeting. San Francisco. 12-13 December. 2013. ID: 1793861.

9. **Anna Fetisova**, Anton Latyshev, Roman Veselovskiy, Vladimir Pavlov. The Siberian traps: new constraints on duration, rate of volcanism and magnetostratigraphic correlation based on a new high detailed paleomagnetic data // Conference Proceedings. 4th International Students Geological Conference. April 19–21. 2013. Brno. Czech Republic. P.38.

10. **Anna Fetisova**, Roman V. Veselovskiy, Svetlana Botsoun, Lubov Demina. Paleomagnetic evidence for the large scale Mesozoic remagnetization event in the Fennoscandian shield (the Kola peninsula) // Conference Proceedings. 4th International Students Geological Conference. April 19–21. 2013. Brno. Czech Republic. P.39.

11. **Anna M. Fetisova**, Anton V. Latyshev, Vladimir E. Pavlov, Roman V. Veselovskiy. Revised magnetostratigraphy scale of the main trap sequences on the Northern Siberia (Maymecha-Kotuy province) // AGU Fall Meet. Suppl., December 5-9, 2011. San Francisco. Abstract GP51A-1154.

12. **Anna Fetisova**, Vladimir Pavlov, Roman Veselovskiy, Anton Latyshev. Paleomagnetism and magnetostratigraphy of the traps from Maymecha-Kotuy area, the Siberian large igneous province (Khardakhsky, Arydzhangsky and Kogotoksky formations, the Kotuy river valley) // Geophysical Research Abstracts. Vol. 12. EGU2010-625. 2010.